

Efecto de la inoculación y fertilización en la implantación de *Chamaecrista rotundifolia* (Pers.) Greene bajo distintos niveles de radiación en Misiones - Argentina

Autor: Guillermo Martín Arndt

Asesora: Ing. Agr. María Belén Rossner

**Trabajo de Intensificación presentado como requisito para
obtener el Título de Ingeniero Agrónomo.**

Octubre 2010



UNIVERSIDAD DEL SALVADOR
Facultad de Agronomía
Campus San Roque González de Santa Cruz
Gobernador Virasoro - Corrientes
Argentina

Este trabajo es propiedad de la Facultad de Agronomía de la Universidad del Salvador y no puede ser publicado en todo o en parte sin el consentimiento escrito de dicha Institución.

Efecto de la inoculación y fertilización en la implantación de *Chamaecrista rotundifolia* (Pers.) Greene bajo distintos niveles de radiación en Misiones - Argentina

**Trabajo de Intensificación presentado como requisito para obtener el Título de
Ingeniero Agrónomo.**

Director de Tesis:

Ing. Agrónoma María Belén Rossner

.....
Firma

.....
Fecha

Director de Carrera:

Ing. Agrónomo Carlos Lanari Vila

.....
Firma

.....
Fecha

Estructura y Metodología del Trabajo de Intensificación:

Prof. Analía Calligari

.....
Firma

.....
Fecha

“Mira que te mando que te esfuerces y seas valiente; no temas ni desmayes, porque Jehová tu Dios estará contigo en donde quiera que vayas” (Josué 1:9)

DEDICATORIA

A Dios por darme la vida y la oportunidad de estudiar esta carrera y por estar todos los días a mi lado guiando mis pasos y dándome las fuerzas necesarias para salir adelante.

A mis padres Eugenio y Ethel que siempre me demostraron todo su amor y cariño, que me educaron, me enseñaron valores y también hicieron un gran esfuerzo para que pueda estudiar y estuvieron conmigo dándome su apoyo incondicional en todo en estos años de estudio.

A mi hermano mayor Iván que me brindo su compañía y amistad y mi hermanito menor Agustín que llegó a nuestras vidas para llenar de alegría nuestro hogar y que supo sacarme una sonrisa en los momentos difíciles.

AGRADECIMIENTOS

Son muchas las personas a las que les estoy agradecido por haberme ayudado a finalizar este trabajo, el lugar que ocupen en esta lista no representa el nivel de importancia, todos los que en ella están fueron y son importantes.

Quiero agradecer al Director de la EEA INTA Cerro Azul Ing. Agr. Oscar Burtnik por darme la oportunidad de desarrollar mi trabajo en dicha institución.

A mi asesora de tesis Ing. Agr. Belén Rossner por haber aceptado dirigirme en este trabajo. Gracias por todas las horas dedicadas, por los conocimientos transmitidos, los buenos consejos tanto académicos como profesionales.

Al Ing. Agr. Santiago Maria Lacorte por sus aportes al trabajo y tiempo dedicado a las correcciones.

Al Ing. Agr. Diego Guerrero por ayudarme con el procesamiento y análisis estadístico de los datos, y por su amistad.

Al Agr. Joselo Houriet que siempre estuvo presente con sus aportes al trabajo y sus buenos mates (como la gente) y esas charlas de recuerdos y experiencias personales que servían para distenderse un poco de la rutina.

Al personal de campo del área de ganadería de la EEA INTA Cerro Azul, Sr. Rosalino López, Agr. Oscar Radke y Téc. Augusto Rossner por la predisposición y ayuda brindada en todo este tiempo, sin ellos muchas de las tareas no se hubieran realizado en tiempo y forma.

A Santiago Koruñak que también estuvo colaborando en varias de las tareas que se realizaron.

Al Ing. Agr. Nahuel Pachas, por el asesoramiento y todas las respuestas a las consultas realizadas.

También quiero agradecer a mi amiga Carla Trela que estuvo ahí siempre y que no solo me brindo su ayuda sino que también su amistad e hizo que todo este proceso se haga más ameno.

A mis amigos y compañeros de estudio, Germán y Dionel Kimmich, Mariano Dutra y Leila Difilipo con los que viví momentos de mucha concentración, presión y alegría también.

A mis amigos de la vida Darío, Tere, Genaro, Claudia, Horacio, Cristian y Gabriel agradezco a Dios que los puso en mi camino, ya que siempre estuvieron a mi lado.

RESUMEN

La actividad ganadera en la provincia de Misiones se encuentra condicionada por aspectos ambientales y agronómicos y factores relacionados al manejo forrajero y animal (Peruchena, 1997; Sampietro *et al.*, 2004; Houriet *et al.*, 2009). Como una alternativa sustentable de producción se han desarrollado y difundido los sistemas silvopastoriles (Rossner *et al.*, 2008; Lacorte y Esquivel, 2009; Fassola *et al.*, 2009). El conocimiento del comportamiento de las especies forrajeras bajo diferentes condiciones lumínicas es necesario para determinar su capacidad de desarrollo en estos sistemas. El objetivo del presente trabajo fue evaluar el efecto de la inoculación y la fertilización fosfórica sobre la emergencia y establecimiento de *Chamaecrista rotundifolia* (Pers.) Greene bajo distintos niveles de radiación. El ensayo se llevó a cabo en la E.E.A. INTA Cerro Azul. El modelo estadístico fue factorial de tres factores: radiación fotosintéticamente activa (RFA), fertilización fosfórica e inoculación, con diseño en bloques completos al azar con tres repeticiones. El factor radiación contó con cuatro niveles de sombra: 0%, 30%, 50% y 70% respecto a las condiciones de cielo abierto, simulados utilizando franjas de malla plástica. El factor fertilización comprendió dos niveles: 0 y 115kg P_2O_5 ha⁻¹ y el factor inoculación dos niveles: con y sin cepas de *Rhizobium* sp. La siembra se realizó el 16 de diciembre de 2009 y se mantuvo el ensayo durante 90 días. Las variables analizadas fueron: germinación-emergencia, altura, longitud de entrenudos, biomasa aérea y relación hoja/tallo y biomasa radical. Los datos se analizaron con ANOVA y test de Tukey ($p \leq 0,01$). Durante los primeros 20 días de implantación el porcentaje de germinación-emergencia fue significativamente superior en los tratamientos sin inoculación, fertilizados y no fertilizados y a partir de allí fue significativamente mayor con 0 y 30% de sombra. La altura fue significativamente menor en el tratamiento con 0% Sombra. Entre los días 35 y 45 la altura fue significativamente mayor con el agregado de fertilizante con y sin inoculación. Entre los 55 y 90 días la altura de las plantas no inoculadas, tanto fertilizadas como sin fertilizar, fue superior. La longitud de entrenudos fue significativamente superior en los tratamientos de sombra. La relación Hoja/Tallo en cambio fue significativamente mayor con 100% de RFA. La producción de biomasa aérea a los 50 días fue significativamente superior con 0% de sombra y fertilización y con 30% de sombra y fertilización e inoculación. A los 90 días la producción de biomasa aérea y relación biomasa aérea/radicular con 50% de sombra y fertilización fueron significativamente superiores a los demás tratamientos. La inoculación no tuvo efecto positivo en la germinación-emergencia de *Chamaecrista rotundifolia* (Pers.) Greene. La fertilización aumentó significativamente la producción de biomasa aérea y radical. El incremento de la sombra aumentó la emergencia y el establecimiento. Se observaron además cambios en la morfología, aumento de la altura, elongación de entrenudos y disminución en la relación H/T en los tratamientos con sombra.

ABSTRACT

Livestock in Misiones is conditioned by environmental and agronomic issues and other factors related to forage and animal management (Peruchena, 1997; Sampedro *et al.*, 2004; Houriet *et al.*, 2009). In this context, a sustainable production alternative are silvopastoral systems (Rossner *et al.*, 2008; Lacorte y Esquivel, 2009; Fassola *et al.*, 2009). Knowledge of forage production under different light conditions is needed to determine their development capability in these systems. The objective of this work was to evaluate the effect of inoculation and phosphoric fertilization on the emergence and establishment of *Chamaecrista rotundifolia* (Pers.) Greene under different radiation levels. The experiment was carried out in INTA Cerro Azul. The statistic model was factorial of three factors: Photosynthetically Active Radiation (PAR), phosphoric fertilization and inoculation, with a complete random block design and three replicates. The radiation factor had four levels of shade: 0, 30, 50 y 70% of PAR in open field, simulated with shadow-cloth strips. The fertilization factor had two levels: 0 and 115 kg P₂O₅ ha⁻¹ and the inoculation factor had two levels: with and without *Rizobium* sp. In December, 16th, 2009 the plots were sow and they were measured for 90 days. Measurements were made on germination-emergence, height, internode large, shoot biomass and H/T ratio, and root biomass. Data were analyzed with ANOVA and Tukey test ($p \leq 0,01$). During the first 20 days the germination-emergence percentage was significantly greater in not inoculated plants, with or without fertilization and after that period it was significantly greater in 0 and 30% shade treatments. Height was significantly in 0% shade. Between day 30 and 35 height was significantly greater with fertilization. After 30 days of sowing, plant height was greater in inoculated treatments, with or without fertilization. Internode large was significantly greater in shade treatments; instead, H/T ratio was lower in these treatments. Shoot biomass at day 50 was significantly greater without shade and with fertilization treatment, and in 30% shade and fertilization plus inoculation treatment. At day 90, both shoot biomass and shoot/root ratio were higher with 50% shade and fertilization treatment. Inoculation had no positive effect in germination-emergence of *Chamaecrista rotundifolia* (Pers.) Greene. Fertilization improve shoot and root biomass. Shade improved germination and plant establishment and produced morphogenetic changes: height increase, internode elongation and H/T ratio decrease.

ÍNDICE

	Pág.
PÁGINA DE ADVERTENCIA.....	II
PÁGINA DE APROBACIÓN.....	III
DEDICATORIA.....	V
AGRADECIMIENTOS.....	VI
RESUMEN.....	VII
ABSTRACT.....	VIII
OBJETIVOS.....	XIII
FINALIDAD.....	XIV
 CAPÍTULOS	
I- INTRODUCCIÓN.....	1
I- a Antecedentes en el Nordeste Argentino.....	1
I- b Los sistemas silvopastoriles en Misiones.....	2
I- c Establecimiento de especies herbáceas en sistemas silvopastoriles.....	4
I- d Establecimiento de especies leguminosas en sistemas silvopastoriles.....	4
 II- MATERIALES Y MÉTODOS	
II- a Ubicación.....	5

II- b Material vegetal utilizado.....	7
II- b.1 Taxonomía.....	7
II- b.2 Morfología.....	7
II- b.3 Usos y aplicaciones.....	7
II- b.4 Ecología.....	8
II- b.5 Establecimiento.....	8
II- b.6 Fortalezas.....	8
II- b.7 Limitaciones.....	8
II- c Variables analizadas.....	9
II- c.1 Germinación-Emergencia.....	9
II- c.2 Altura.....	9
II- c.3 Longitud de entrenudos.....	9
II- c.4 Producción de Biomasa Aérea.....	9
II- c.5 Relación hoja/tallo.....	9
II- c.6 Relación Biomasa aérea/radical (A/R).....	9
 III- RESULTADOS Y DISCUSIÓN	
 III-1 Germinación–Emergencia.....	11
III- 2 Morfología.....	13
III- 2.a Altura.....	13
III- 2.b Longitud de entrenudos.....	15
III- 2.c Relación hoja/tallo.....	16
III- 3 Biomasa.....	17
III- 3.a Biomasa a los 50 días.....	17
III- 3.b Biomasa a los 90 días.....	18
III- 3.c Biomasa radical a los 90 días.....	19
 IV- CONCLUSIÓN.....	21
 V- BIBLIOGRAFÍA.....	22
 VI- ANEXOS.....	27

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla N°	Pág.
1. Factores de variación analizados, resultado de su combinación y unidades experimentales totales del ensayo	6
2. Fechas de evaluación de cada variable analizada en el periodo experimental	10

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura N°	Pág.
1. Efecto de distintos niveles de sombra en la germinación-emergencia (%) de <i>Chamaecrista rotundifolia</i> (Pers.) Greene.	11
2. Efecto de la fertilización e inoculación en la germinación-emergencia (%) de <i>Chamaecrista rotundifolia</i> (Pers.) Greene.	12
3. Efecto de distintos niveles de sombra en la altura (cm) de <i>Chamaecrista rotundifolia</i> (Pers.) Greene.	14
4. Efecto de la fertilización fosfórica e inoculación sobre la altura (cm) de <i>Chamaecrista rotundifolia</i> (Pers.) Greene.	15
5. Efecto de distintos niveles de sombra en la longitud de entrenudos (cm) de <i>Chamaecrista rotundifolia</i> (Pers.) Greene.	16
6. Efecto de distintos niveles de sombra (0, 30,50 y 70%) en la relación Hoja/Tallo de <i>Chamaecrista rotundifolia</i> (Pers.) Greene a los 45 días de la siembra.	17
7. Efecto de distintos niveles de sombra en la producción de biomasa aérea (gMS/Maceta) de <i>Chamaecrista rotundifolia</i> (Pers.) Greene a los 50 días de la siembra.	18
8. Efecto de distintos niveles de sombra en la producción de biomasa aérea (gMS/Maceta) de <i>Chamaecrista rotundifolia</i> (Pers.) Greene a los 90 días de la siembra.	19
9. Efecto de distintos niveles de sombra en la Relación de Biomasa aérea/Biomasa radical de <i>Chamaecrista rotundifolia</i> (Pers.) Greene a los 90 días de la siembra.	20

OBJETIVO

Evaluar el efecto de la inoculación y la fertilización fosfórica sobre la emergencia y establecimiento de *Chamaecrista rotundifolia* (Pers.) Greene bajo distintos niveles de radiación en la Provincia de Misiones, Argentina.

FINALIDAD

Resulta de interés evaluar leguminosas forrajeras que se adapten a las condiciones de suelo y clima del Sur de Misiones y Noreste de Corrientes así como también a las condiciones de menor radiación, temperatura, humedad, ciclado de nutrientes, entre otras, generadas en un sistema silvopastoril, debido a las interacciones que dentro de este se presentan.

Existen numerosos beneficios asociados al desarrollo de estos sistemas y a la implantación de especies leguminosas, entre los que cabe destacar la mejora en la fertilidad de los suelos, nutrición del ganado, receptividad del pastizal o las pasturas asociadas y los índices productivos, entre otros.

Surge entonces la necesidad de generar información sobre alternativas tecnológicas para la siembra e implantación de leguminosas forrajeras en el Sur de Misiones y Noreste de Corrientes, trabajando particularmente con *Chamaecrista rotundifolia* (Pers.) Greene, para lo cual se estableció un ensayo de inoculación con *Rhizobium* sp. y fertilización fosfórica bajo distintos niveles de Radiación Fotosintéticamente Activa (RFA).

CAPÍTULO I

INTRODUCCIÓN

a) Antecedentes en el Nordeste Argentino

En Argentina, durante los últimos años, la superficie ganadera se ha reducido a causa de la importante expansión de la agricultura. Como consecuencia de esto, se ha desplazado la ganadería hacia regiones con menor aptitud agrícola, principalmente hacia el Nordeste Argentino (NEA). Esta es la segunda región ganadera del país y se ha convertido en la primera receptora de dicha migración, pasando de poseer el 21,5% al 24,8% del stock nacional, lo que significa un incremento de más de 1,9 millones de cabezas bovinas (Rearte, 2007).

En esta región la producción ganadera está destinada principalmente a cubrir la demanda interna y por lo general los índices productivos son menores a los de la región pampeana. Esto se debe en parte a la elevada producción estacional de los pastizales y pasturas con predominio de especies C4, de inferior calidad, si las comparamos con regiones en donde las pasturas están compuestas por especies C3 de superior calidad forrajera. Estas características en conjunto con un manejo inadecuado del pastoreo, determinan que la producción secundaria sea menor a la de otras regiones ganaderas (Pérego, 1996; Peruchena, 1997; Sampedro *et al.*, 2004; Pueyo y Chaparro, 2006; Farber y Raizboim, 2007).

La Provincia de Misiones integrante de la región NEA, cuenta con una extensión de 2.900.000ha y una existencia ganadera de 345.648 cabezas distribuidas en 18.512 explotaciones agropecuarias, representando así el 0,7% del total del país (Pérego, 1996; Günther *et al.*, 2008). Está dividida en cinco zonas agroeconómicas: la zona Noroeste integrada por los departamentos de Iguazú, Eldorado y Montecarlo, abarcando el 26,9% de la superficie, la zona Centro Oeste integrada por los departamentos de Libertador General San Martín y San Ignacio, abarcando el 10,3% de la superficie, la zona Nordeste integrada por los departamentos de General Manuel Belgrano, San Pedro y Guaraní, con el 29% de la superficie, la zona Sur integrada por los departamentos Capital, Apóstoles, Candelaria y Concepción, con el 12,2% de la superficie y por último la zona Centro Este (Cainguás, Oberá, Leandro N. Alem, 25 de Mayo y San Javier) con el 21,7% de la superficie (Günther *et al.*, 2008).

Los suelos predominantes son Ultisoles, con 634.795ha, le siguen los Alfisoles con 237.363ha y en tercer lugar los Oxisoles con 90.250ha. La superficie restante la ocupan principalmente los suelos denominados "pedregosos", con predominio de Molisoles, Entisoles e Inceptisoles (Pérego, 1996).

En la zona Centro Este, la población rural está integrada por productores familiares con explotaciones de 50 a 200ha y minifundistas con explotaciones de 5 a 50ha. Los productores familiares están capitalizados, cuentan con mayores superficies para desarrollar la ganadería bovina y/o implementar sistemas silvopastoriles y la mano de obra es principalmente familiar. En los minifundios las

actividades pecuarias (ganadería bovina y animales de granja) son destinadas al autoconsumo familiar, cuentan con escasa infraestructura productiva y bajo nivel de tecnificación (Houriet *et al.*, 2009).

La actividad ganadera en estos sistemas productivos es una alternativa de complementación de los ingresos, con escaso manejo asociado a la producción forrajera, alimentación y sanidad (Houriet *et al.*, 2009). Por lo general los índices productivos son menores comparados con otras regiones ganaderas, con una producción de carne de 80 a 100kg ha año⁻¹ (Pérego, 1996), aunque existen experiencias en sistemas de pastoreo rotativo estival sobre *Cynodon plectostachyus* con producciones de carne de 247kg ha⁻¹ (Fernández y Lacorte, 2010, com. pers.). Datos del Stock bovino de carne del RIAN (Red de Información Agroeconómica Nacional), informan para la región una baja población bovina (0,05 a 0,23 bovinos ha⁻¹), con una baja relación novillo/vaca (0,2 a 0,4) y bajo porcentaje de destete, entre el 50 y 60% (Rossanigo *et al.*, 2009).

La oferta marcadamente estacional de los pastizales, su baja calidad y deficiencia en minerales esenciales, la elevada incidencia de las parasitosis propias de los climas subtropicales condicionan la productividad del ganado, la rentabilidad y sostenibilidad de estos sistemas (Peruchena, 1997; Sampedro *et al.*, 2004; Houriet 2009, datos no publicados).

b) Los sistemas silvopastoriles en Misiones

En este contexto, se han desarrollado y difundido los sistemas silvopastoriles como una alternativa sustentable de producción, a partir de los trabajos de investigación desarrollados en el marco del Proyecto Forestal de Desarrollo (BID-BIRF-SAGPYA) y del INTA que llevan a la consolidación y adopción de estos sistemas en toda la región (Rossner *et al.*, 2008; Lacorte y Esquivel, 2009; Fassola *et al.*, 2009). De esta manera, la Provincia de Misiones cuenta en la actualidad con un total de 28.500ha con estos sistemas (SIFIP, FCF-UNaM, 2010).

Los sistemas silvopastoriles son sistemas de manejo integrado en los cuales se desarrollan en forma conjunta tres componentes productivos, árboles, forrajeras y animales, en la misma superficie. Se definen como aquel uso de la tierra y tecnología en el cual leñosas perennes son deliberadamente combinadas en la misma unidad de manejo con plantas herbáceas y/o animales, en el mismo espacio y tiempo, generándose interacciones ecológicas y económicas, positivas y/o negativas, entre los diferentes componentes (Young, 1987 citado por Mora, 2006).

Estas interacciones modifican las características físico-químicas del suelo, el balance hídrico y de nutrientes y la disponibilidad de radiación para el crecimiento de las especies forrajeras herbáceas (Pezo e Ibrahim, 1999; Mahecha, 2002; Fassola *et al.*, 2005). Como resultado, pueden generar cambios positivos a nivel de producción animal y resultado productivo global.

En el suelo, la incorporación de leñosas perennes (árboles) produce una disminución en la tasa de descomposición y mineralización de la materia orgánica, lo que incrementa la fracción de materia orgánica no lábil, mejorando la estructura de los agregados y aumentando la estabilidad del suelo, capacidad de infiltración de agua y retención de la humedad en el perfil. A su vez el sistema radicular extendido y profundo de los árboles, aumenta el área disponible para captar agua y nutrientes, permitiendo además reducir las pérdidas por erosión hídrica en lugares con mucha pendiente (Pezo e Ibrahim, 1999; Mahecha, 2002).

La implementación de sistemas silvopastoriles en tierras agrícolas aumenta los niveles de C, de N, la relación C:N, P orgánico y pH (Mead, 2009 citado por Carranza y Ledesma, 2009). Al incorporar especies leguminosas que se asocian con bacterias del género *Rhizobium* para captar nitrógeno atmosférico haciéndolo disponible para las gramíneas en el suelo, el aumento de la fertilidad puede ser aún mayor, ya que se estima una fijación de hasta 200kg N ha año⁻¹ en leguminosas tropicales de elevada producción (Giraldo, 2000 citado por Mahecha, 2002).

En el componente animal, los beneficios están relacionados al aumento de las horas dedicadas al pastoreo y la reducción del gasto energético de mantenimiento, debido a mejores condiciones ambientales, fundamentalmente temperatura, movimiento del aire y humedad relativa, mediante la cobertura arbórea, lo cual implica una mayor ganancia diaria de peso vivo (Mora, 2006; Carranza y Ledesma, 2009).

En el componente herbáceo, el crecimiento bajo árboles está fuertemente influenciado por la menor radiación incidente que atraviesa el dosel arbóreo (Pezo e Ibrahim, 1999), encontrándose respuestas positivas (Amundson y Belsky, 1992 citado por Mora, 2006; Sophanodora, 1990; Fassola *et al.*, 2005) o negativas de las forrajeras (Mora, 2006). Respecto a la calidad, bajo la copa de los árboles el contenido de proteína cruda aumenta y el de los carbohidratos solubles disminuye (Zelada Sánchez, 1996; Belsky 1993, Carvalho *et al.* 1994; Pachas *et al.*, 2004).

Por otro lado el dosel arbóreo reduce el efecto de las heladas sobre el componente forrajero, con la consecuente eliminación o reducción de la suplementación invernal de los animales (Lacorte y Esquivel, 2009).

Existen especies herbáceas adaptadas a sistemas silvopastoriles por su tolerancia al sombreado, como *Axonopus compressus*, *Axonopus catarinensis* Valls (sp.nov. inéd.), *Pennisetum purpureum* y *Brachiaria brizantha* (Rossner *et al.*, 2008). Entre las especies de leguminosas se destacan *Arachis pintoii*, y *Chamaecrista rotundifolia* (Pers.) Greene (Andrade *et al.*, 2004; Lacorte *et al.*, 2006; Lacorte y Esquivel, 2009). Las especies forestales mayormente utilizadas son *Pinus taeda*, *Pinus elliotti*, *Grevillea robusta*, *Melia azedarach*, *Paulonia imperialis* / *tomentosa* y *Eucalyptus spp.* (Ribaski y Montoya, 2000; Lacorte, com. pers.).

El principal factor que determina la producción de forrajeras en sistemas silvopastoriles es la competencia por la luz. Dado que el sombreado sobre las pasturas aumenta a medida que crecen los árboles, deben utilizarse para su

estudio modelos que predigan el crecimiento forestal y la manera en que este afecta la incidencia de radiación bajo el dosel. Estos modelos deben tener en cuenta además de la especie y densidad de árboles, la calidad de sitio, las diferencias estructurales entre árboles que crecen aislados y árboles que crecen en formaciones densas y el arreglo espacial de los árboles (Carranza y Ledesma, 2009).

c) Establecimiento de especies herbáceas en sistemas silvopastoriles

La germinación y el crecimiento de las plantas están influenciados tanto por la radiación incidente como por la temperatura, aunque la importancia relativa de ambos factores varía según el ecosistema donde se desarrolle la especie.

En bosques tropicales, donde la temperatura y las precipitaciones varían poco a lo largo del año, la radiación que llega al suelo es el principal recurso limitante para la germinación, en especial de semillas de especies pioneras, ya que se ve disminuida en cantidad y calidad por la vegetación establecida (Baskin & Baskin, 1985; Kyereh *et al.*, 1999; Caraballo, 2008; Funes *et al.*, 2009).

Además de la sombra existen otros factores que influyen en la germinación y crecimiento de las especies herbáceas en los sistemas silvopastoriles, como la cantidad de agua y nutrientes disponibles y tipo de especies utilizadas (García y Couto, 1991).

A nivel regional las limitantes de mayor importancia para el establecimiento de especies forrajeras están relacionadas a la acidez de los suelos y baja disponibilidad de Fósforo. De acuerdo a numerosos análisis efectuados en forrajeras que crecen en nuestra región, el Fósforo es el elemento que se encuentra deficiente con mayor frecuencia, y por lo tanto se recomienda la fertilización fosfórica al momento de la implantación de especies forrajeras en estos sistemas (Pérego, 1996).

d) Establecimiento de especies leguminosas en sistemas silvopastoriles

El crecimiento y desarrollo de las especies leguminosas es particularmente afectado por la baja disponibilidad de Fósforo, ya que este elemento interviene en numerosos procesos como floración, fructificación, producción de semillas y desarrollo radicular, además al tener altos niveles de Fósforo en la solución se logran la máxima fijación de nitrógeno (Torales y Colombino, 1992).

Existen evidencias en pasturas tropicales y subtropicales de un aumento en la disponibilidad de Nitrógeno con la introducción de leguminosas forrajeras debido a la fijación biológica de las bacterias asociadas simbióticamente. En estos sistemas el Nitrógeno es aportado además a través de la descomposición de la materia orgánica de las leguminosas, rica en este elemento, a través de exudados de raíces, y deyecciones de los animales en pastoreo, quedando disponible para el uso de las gramíneas acompañantes, las cuales incrementan su contenido de

proteína, Azufre y Calcio, redundando en una dieta con mejor calidad nutritiva (Fernández *et al.*, 1988; Torales y Colombino, 1992).

La inoculación de leguminosas forrajeras tropicales con cepas seleccionadas de *Rhizobium* utilizando tecnología de inoculación apropiada, es una estrategia conveniente para proporcionar vigor inicial y aumentar la capacidad competitiva de las leguminosas durante el establecimiento de las mismas en asociaciones con gramíneas (Halliday, 1978).

Las hipótesis de trabajo fueron: 1) La inoculación promueve la nodulación de *Chamaecrista rotundifolia* (Pers.) Greene, aumenta la disponibilidad de Nitrógeno en el suelo y permite un mayor establecimiento de plantas. 2) El agregado de Fósforo promueve el crecimiento de raíces y aumenta la producción de biomasa aérea. 3) La disminución en la cantidad de Radiación Fotosintéticamente Activa (RFA) afecta la emergencia y establecimiento de plántulas y la morfología de las plantas de *Chamaecrista rotundifolia* (Pers.) Greene.

CAPÍTULO II

MATERIALES Y MÉTODOS

a) Ubicación

El ensayo se llevó a cabo en la Estación Experimental Cerro Azul del INTA (Cerro Azul - Misiones) ubicada a 27° 39' de Latitud Sur y a 55° 26' de Longitud Oeste y a 283 msnm.

El clima es subtropical, sin estación seca y con heladas. La temperatura media anual es de 20,9°C, la temperatura media del mes más frío (Julio) varía entre 12 y 14°C y la media del mes más cálido (Enero) entre 22 y 26°C. El promedio anual de heladas agronómicas varía entre 10 y 12. Las lluvias son abundantes y frecuentes, superando los 1955mm anuales, concentrándose en primavera y verano (Datos brindados por el área de Climatología del INTA EEA Cerro Azul).

El suelo utilizado para el ensayo corresponde al orden Alfisoles, sub orden Udalfes, gran grupo Kandudalfes, Sub grupo Ródicos. La principal característica de este tipo de suelo es que presenta un horizonte Kándico. Son suelos bien drenados, sumamente profundos, ácidos, con buenas condiciones físicas para el desarrollo radical, de mediana a alta fertilidad. Estos suelos se encuentran en el Sur de Misiones y Noreste de Corrientes, su geomorfología es de lomas con pendientes medias de 3 al 8% y son muy susceptibles a la erosión hídrica (Ligier *et al.*, 1990).

El modelo estadístico fue factorial de tres factores: radiación (RFA), fertilización fosfórica e inoculación, con diseño en bloques completos al azar con tres repeticiones. El factor radiación contó con cuatro niveles: 0%, 30% 50% y 70% de sombra respecto a las condiciones a cielo abierto. El factor fertilización comprendió dos niveles: 0 y 115kg P₂O₅ ha⁻¹ y el factor inoculación dos niveles:

con y sin inoculante específico (*Rhizobium sp.*). Los factores fertilización e inoculación se combinaron con cada nivel de sombra, dando un total de 16 tratamientos (Tabla 1). Para independizar estos factores de otros presentes en el suelo (profundidad efectiva, contenido de materia orgánica, déficit o exceso hídrico, etc.) la experiencia se realizó en macetas, siendo la unidad experimental una maceta de 10lt.

Tabla 1. Factores de variación analizados, resultado de su combinación y unidades experimentales totales del ensayo.

Factor	Niveles
Radiación	4
Fertilizante fosfórico	2
Inoculante	2
Total Tratamientos	(4*2*2) 16
Bloques	3
Unidades Experimentales	(16*3) 48

Los niveles de sombra fueron simulados utilizando malla plástica con 90% de disminución de la radiación incidente. Esta malla era soportada por estructuras de alambre y postes de madera. Las mallas plásticas son una metodología utilizada por numerosos autores para simular sombreo (Samarakoon *et al.*, 1990; Sophanodora, 1990; Stür, 1990; Wilson, 1991; Andrade *et al.*, 2004; Lacorte *et al.*, 2004a), aunque la sombra que generan es continua a diferencia de las estructuras de madera que generan períodos alternativos de radiación directa y de sombra. Por esto se utilizaron franjas para evaluar las características fisiológicas y morfológicas de las forrajeras en régimen de radiación fluctuante (Peri, 2001).

Las franjas fueron de 25cm de ancho y 150cm de largo, ubicadas a 125cm del suelo. Los niveles de radiación fueron regulados mediante el espaciamiento entre franjas. La radiación (RFA) debajo de las estructuras fue medida con ceptómetro (Decagon Devices Inc.) en días despejados con el sol en el cenit.

Se utilizó suelo tamizado libre de raíces, correspondiente al orden Alfisoles, de fertilidad y contenido de materia orgánica medios para cargar las macetas. Para determinar la dosis de fertilización previa, se realizó un análisis físico y químico del suelo (Cuadro A1 del Anexo). La dosis de fertilización se calculó en base a la disponibilidad del suelo y los requerimientos del cultivo (Sosa, 2008 com. pers.) y se llevó a cabo con Súper Fosfato Triple de Calcio (SPT) en dosis equivalente a 115kg P₂O₅ ha⁻¹, lo que corresponde a 0,48g P₂O₅ maceta⁻¹.

Previo a la siembra, se realizó una prueba de germinación para determinar el número adecuado de semillas a utilizar por maceta. Para esto se utilizaron cajas de Petri, con medio húmedo sobre el que se dispusieron 20 semillas por caja. Estas se mantuvieron en condiciones controladas de humedad y temperatura durante 21 días para determinar el número total de semillas germinadas al final del período.

Concluida la fase de experimentación se analizaron los datos y se obtuvo un porcentaje de germinación de 57,5%. Las semillas fueron escarificadas con agua caliente (80°C durante 3min) según metodología generalmente utilizada para este tipo de semilla (Pachas, 2009, com. pers.).

La siembra se realizó el 16 de diciembre de 2009. Se sembraron 25 semillas por maceta, para obtener una densidad final de al menos 10 plántulas por maceta. Previamente, las semillas fueron escarificadas con agua caliente a 80°C durante 3 minutos (Lacorte y Pachas 2009, com. pers.).

En los tratamientos de inoculación, las semillas escarificadas fueron inoculadas con inoculante específico compuesto por turba y cepas del género *Rhizobium* (cedido por el laboratorio de IMYZA, INTA Castelar).

Para evitar el stress hídrico durante el período experimental (90 días) se utilizó riego por goteo y se mantuvieron las macetas a capacidad de campo, con riego suplementario durante 2hs por día con un caudal promedio de 2lt min⁻¹.

b) Material vegetal utilizado

Las características agronómicas y ecológicas de esta especie, según Tropical forages (2010) se describen a continuación:

1. Taxonomía

Familia: *Fabaceae*; subfamilia: *Caesalpinioideae*; tribu: *Cassieae*; subtribu: *Cassiinae*. Es una especie nativa de América del Norte (México); América Central (Costa Rica, Honduras, Panamá, Cuba, Jamaica, Puerto Rico); América del Sur (Norte de Argentina, este Bolivia, Brasil, Colombia, Ecuador, Guyana, Paraguay, Uruguay, Venezuela). Naturalizada en África y Estados Unidos.

2. Morfología

Herbácea perenne de corta vida o de auto-regeneración anual, sub-leñosa, semi-erecta, de hasta 1m de altura. Tallos pubescentes, hojas bi-folioladas redondeadas apicalmente. Flores pequeñas axilares, de color amarillo. Vaina lineal, 20-45mm de largo, 2.5-5mm de ancho, plano, elásticamente dehiscentes. Semilla transversal rectangular, aplanada, de 2-3mm de largo, 200-470 semillas kg⁻¹. Especie pionera, forma banco de semillas en el suelo con excelente resiembra natural.

3. Usos y aplicaciones

Utilizada en consociación con pastizales nativos y pasturas de gramíneas para aumentar la calidad del alimento. Regular calidad para la conservación en pie por la caída sustancial de hojas cuando se deseca. Valor nutricional bueno con

altos niveles de proteínas y digestibilidad bajo pastoreo. Se vuelve más aceptable cuando madura al final de la temporada de crecimiento. Rendimiento de MS de hasta 7.000kg ha⁻¹ en el sureste de Queensland.

4. Ecología

Necesita suelos ligeros con buen drenaje, de baja a moderada fertilidad. Puede tolerar suelos ácidos y alta saturación de Aluminio. Está adaptada a suelos rojos, ácidos e infértiles. Se adapta a condiciones de sequía temporal, comportándose como anual con precipitaciones de menos de 600mm y como perenne con 900-1500mm. Crece durante la estación cálida ya que es muy sensible a heladas, bajo regímenes de heladas fuertes se comporta como anual. Presenta buen comportamiento en condiciones de sol pleno y sombra moderada.

El cultivar Wynn florece temprano y durante un largo período, existe una fuerte relación entre la latitud de procedencia y la fecha de floración, el crecimiento y la altura. Las adhesiones de latitudes bajas por lo general tienden a ser de floración tardía y mayor tamaño, en cambio las de latitudes más altas son de floración temprana y más pequeñas. La reserva de semillas en el suelo puede llegar a 1000-1200 semillas m⁻².

Es tolerante a pastoreos intensivos continuos, pero si se le permite crecer alto y luego se corta bajo, las plantas individuales pueden no regenerar, aunque la población se regenera a partir de semillas.

5. Establecimiento

Aunque presenta altos niveles de semillas duras, la semilla cosechada mecánicamente rara vez requiere escarificación. Las semillas germinan rápidamente luego de su imbibición y las plántulas crecen rápidamente, la primera floración se puede dar a los 6 meses. Nodula fácilmente con bacterias del género *Rhizobium*. Responde al agregado de fósforo y azufre en suelos de baja fertilidad. Se combina bien con gramíneas cespitosas, con producciones aceptables a principios y mediados de la temporada de cultivo, también puede mejorar el nivel de proteínas de las gramíneas asociadas.

En América Central y del Sur es atacada por Antracnosis (*Colletotrichum spp.*), manchas foliares (*Phomopsis spp.*) y el tizón foliar (*Rhizoctonia solani*).

6. Fortalezas

- ✓ Rápida propagación.
- ✓ Baja demanda de fertilización.
- ✓ Adaptada a suelos ácidos.
- ✓ Alto rendimiento de semillas.

7. Limitaciones

- ✓ Baja palatabilidad en rebrote fresco.
- ✓ Baja tolerancia a heladas y suelos poco drenados.
- ✓ Susceptible a la antracnosis.

c) Las variables analizadas fueron:

1. **Germinación-Emergencia.** Recuento de plántulas germinadas y emergidas, desde 5 hasta 30 días de la siembra (Tabla 2).
2. **Altura.** Con escala graduada teniendo en cuenta el desarrollo vertical desde el suelo hasta la última hoja expandida. Desde 20 hasta 65 días de la siembra. (Tabla 2).
3. **Longitud de entrenudos.** Con escala graduada se midió la longitud total y el número de nudos totales de cada planta (a partir del número de hojas verdaderas expandidas) desde 20 hasta 65 días de la siembra (Tabla 2).
4. **Producción de Biomasa Aérea.** Cosecha de material al ras de suelo, la biomasa cosechada se separó en sus componentes hoja, tallo y materia muerta, luego se pesó en verde y en seco (peso seco obtenido en estufa a 70° C hasta alcanzar peso constante) para determinar la biomasa aérea y su participación. La cosecha se realizó en dos oportunidades, a los 50 y 90 días de la siembra (Tabla 2).
5. **Relación hoja/tallo.** Proporción del peso seco correspondiente a los componentes hoja y tallo de las plantas cosechadas, a los 50 días de la siembra (Tabla 2).
6. **Relación Biomasa aérea/radical (A/R).** Proporción del peso seco correspondiente a los componentes biomasa aérea y biomasa radical de las plantas cosechadas, a los 90 días de la siembra (Tabla 2).

Los resultados se sometieron a un análisis de varianza para detectar el efecto de los tratamientos en las variables respuesta analizadas (INFOSTAT, 2010 versión libre) y se compararon las medias de tratamientos mediante Test de Tukey con un nivel de significancia del 1%.

Tabla 2. Fechas de evaluación de cada variable analizada en el periodo experimental

Variable	21/12/09	26/12/09	31/12/09	05/01/10	10/01/10	15/01/10	20/01/10	30/01/10	04/02/10	09/02/10	19/02/10	16/03/10
Días desde la siembra	5	10	15	20	25	30	35	45	50	55	65	90
Germinación -emergencia	X	X	X	X	X	X						
Altura				X	X	X	X	X		X	X	
Longitud de entrenudos				X	X	X	X	X		X	X	
Producción de biomasa aérea									X			X
Relación hoja/tallo									X			
Producción de biomasa radical												X
Relación A/R												X

CAPÍTULO III

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los resultados se agruparon en capítulos por cada variable analizada: germinación-emergencia hasta los 30 días de siembra, morfología (altura y longitud de entrenudos) hasta 65 días, biomasa área y relación hoja/tallo a los 50 y 90 días, biomasa radicular a los 90 días.

La germinación-emergencia, altura, longitud de entrenudos y relación H/T no presentaron interacciones significativas entre los tratamientos de sombra, fertilización e inoculación (Prueba de F, $p \leq 0,01$), debido a esto el efecto de cada factor se analiza individualmente.

La producción de biomasa presentó una interacción significativa entre sombra y fertilización (Prueba de F, $p \leq 0,01$), debido a esto se analizaron los efectos de ambos factores simultáneamente.

1. Germinación – Emergencia

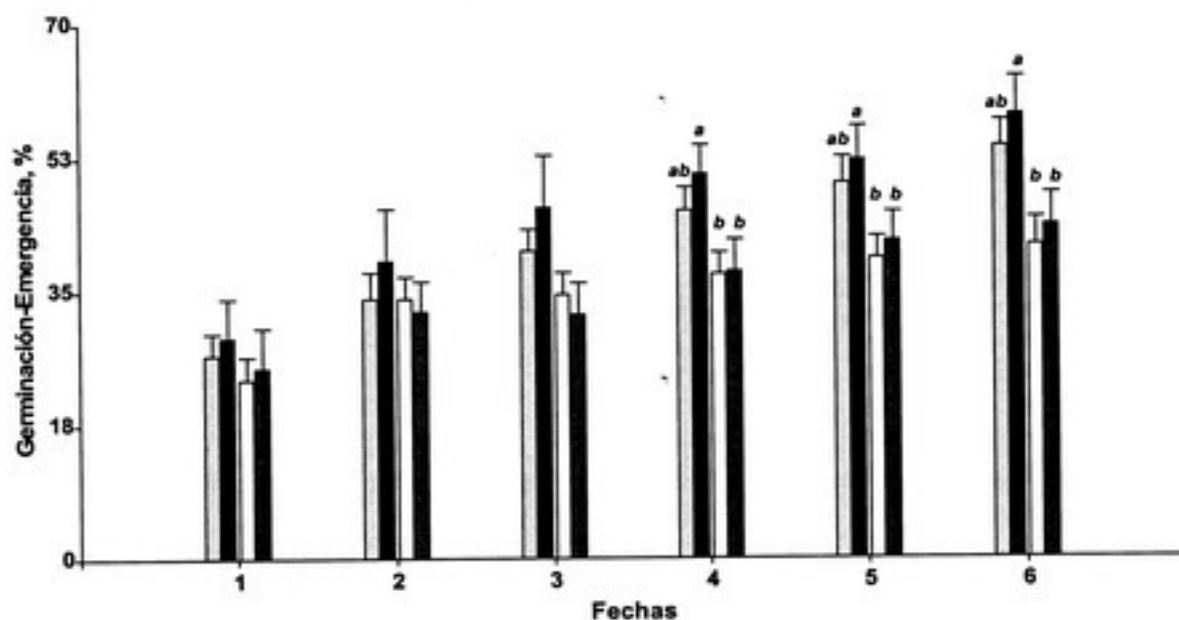


Figura 1. Efecto de distintos niveles de sombra en la germinación-emergencia (%) de *Chamaecrista rotundifolia* (Pers.) Greene. Tratamientos de sombra: 0%, 30%, 50%, 70%. Las observaciones se realizaron a los 5, 10, 15, 20, 25 y 30 días de la siembra (fechas 1 a 6).

En la Figura 1 se observa la evolución de la germinación-emergencia a lo largo del periodo de evaluación. No se detectaron diferencias significativas entre niveles de radiación hasta los 15 días de la siembra (fecha 3). A partir de los 20 y hasta los 30 días, la germinación-emergencia fue significativamente mayor ($p \leq 0,01$) con 0 y 30% de sombra.

Respecto a los tratamientos de fertilización e inoculación (Figura 2), el porcentaje de germinación-emergencia fue significativamente superior ($p \leq 0,01$) durante los primeros 20 días de implantación para los tratamientos sin inoculación, fertilizados y no fertilizados. Sin embargo al finalizar el período de implantación, no se encontraron diferencias significativas entre dichos tratamientos.

Al analizar los resultados obtenidos para la etapa de establecimiento temprano (0 a 30 días) se observa que la radiación no tuvo un efecto significativo sobre la germinación y emergencia de plantas durante los primeros 20 días a partir de la siembra, coincidiendo con los resultados obtenidos por Funes *et al.* (2009) quienes no encontraron efecto significativo de la radiación sobre la germinación, al trabajar con 25 especies de angiospermas que habitan en sistemas boscosos.

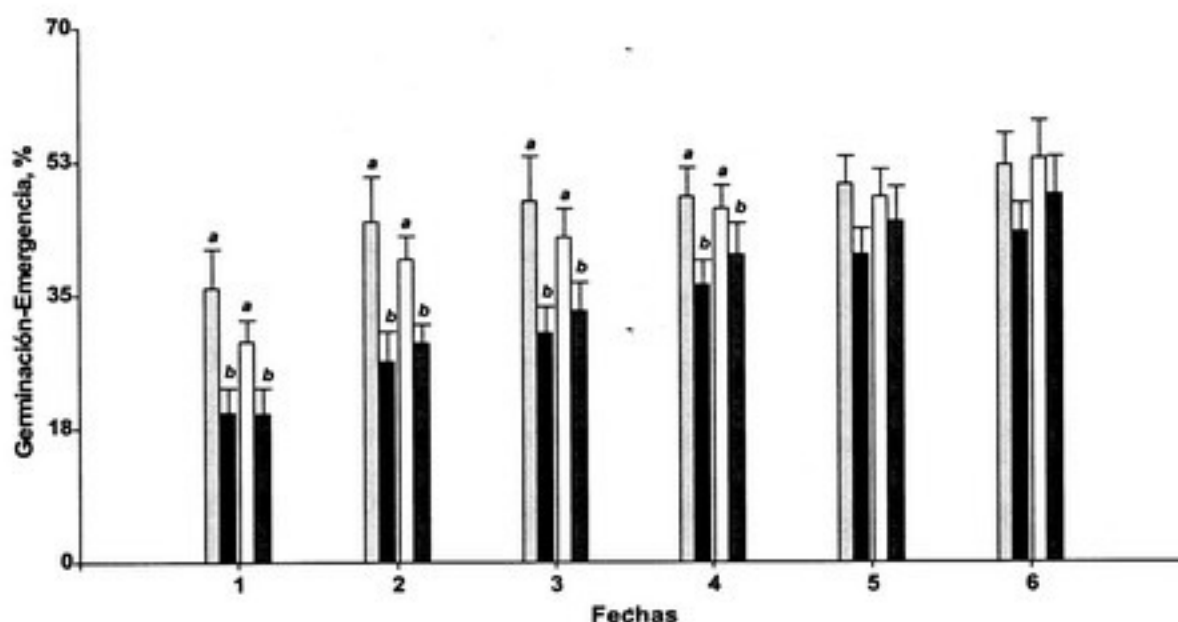


Figura 2. Efecto de la fertilización e inoculación en la germinación-emergencia (%) de *Chamaecrista rotundifolia* (Pers.) Greene. Tratamientos de implantación: ■ testigo (sin inocular y fertilizar), □ fertilizado (115kg P₂O₅ ha⁻¹), ■ inoculado con *Rhizobium* sp., ■ fertilizado e inoculado (115kg P₂O₅ ha⁻¹ y *Rhizobium* sp.). Las observaciones se realizaron a los 5, 10, 15, 20, 25 y 30 días de la siembra (fechas 1 a 6).

Para el mismo período, los tratamientos sin inoculación fueron significativamente superiores a los inoculados. Diversos factores pueden afectar la simbiosis impidiendo la aparición de nódulos en leguminosas, la falta de respuesta a la inoculación con cepas introducidas puede atribuirse a condiciones ambientales y edáficas diferentes a las del aislamiento de las cepas (Cuadrado *et al.*, 2009), diferente capacidad de nodulación y fijación entre cepas (Graham, 1981; Morales, 1987), falta de efectividad en la fijación de nitrógeno a pesar de alta infectividad (Mumns, 1987 citado por Mora, 1995). En otra leguminosa forrajera, *Leucaena leucocephala*, los tratamientos inoculados no presentaron nodulación

por lo que el desarrollo de las plantas inoculadas no presentó diferencias significativas comparadas a los controles no inoculados (Gómez, 2005).

También pueden observarse resultados negativos cuando en el suelo existen virus y bacterias que inhiben la nodulación (Cuadrado *et al.*, 2009).

Existen además antecedentes de reducción en la fijación de nitrógeno en leguminosas sometidas a elevados niveles de sombreamiento, ya que el proceso de nodulación está regulado por diversos factores asociados al fitocromo (Sánchez, 1996) y además por la disponibilidad de fotoasimilados para ser utilizados los cuales también disminuyen en condiciones de sombra.

Por otra parte en la etapa posterior (desde los 20 hasta los 30 días) la germinación-emergencia fue significativamente afectada por la sombra, siendo menor la germinación-emergencia en los niveles de 50 y 70% de sombra.

Durante la etapa temprana del establecimiento el efecto de la inoculación y/o fertilización predominan sobre el de la sombra. A partir de los 20 días de la siembra, el efecto de la sombra supera al de los tratamientos de inoculación y/o fertilización, encontrándose las diferencias entre niveles de sombra. Esto coincide con resultados encontrados por Pons (2000) citado por Funes *et al.* (2009), quien observó requerimientos de luz para alcanzar valores altos de germinación en semillas de especies que forman banco de semillas en el suelo como estrategia reproductiva, por ejemplo *Senecio pampeanus*.

2. Morfología

a. Altura

En el tratamiento con 0% Sombra, la altura fue significativamente menor ($p \leq 0,01$) a la de los tratamientos con 30, 50 y 70% de sombra durante los primeros 30 días del período de implantación (Fechas 1 a 3, Figura 3).

Castelan (2006) trabajando con otra leguminosa, *Arachis pintoi* CIAT 17434, encontró que el incremento de la sombra provoca mayor crecimiento vertical de las plantas con respecto a las que crecen a pleno sol, presentando estas últimas crecimiento rastrero. A partir de los 35 días de la siembra (fecha 4) las diferencias entre niveles de sombreamiento no fueron significativas.

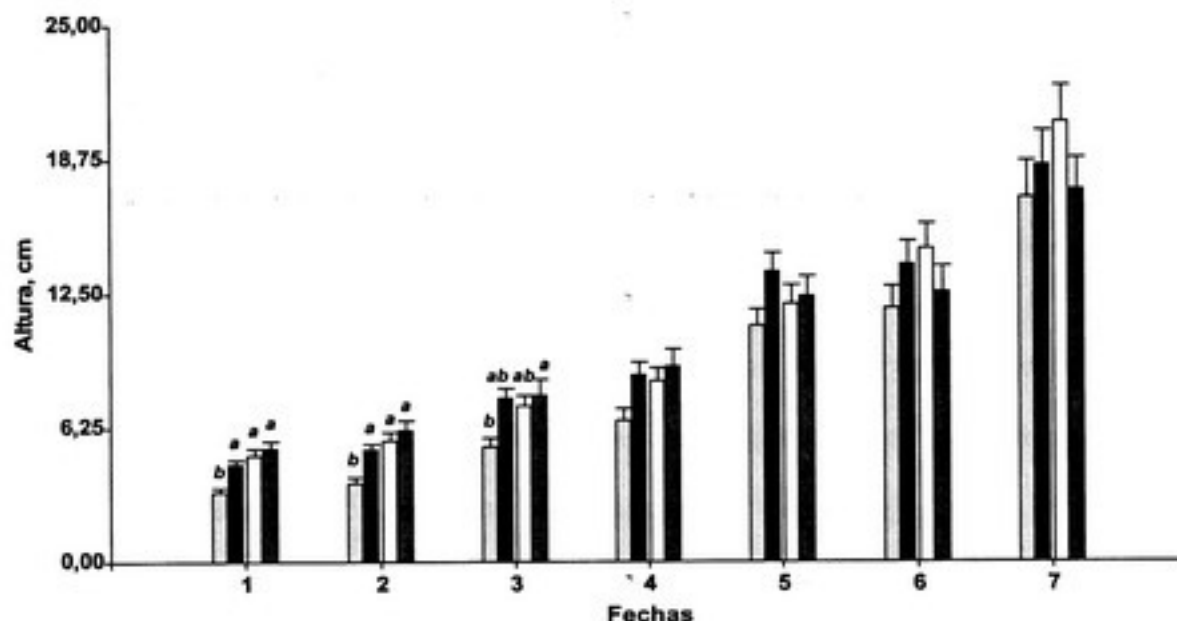


Figura 3. Efecto de distintos niveles de sombra sobre altura (cm) de *Chamaecrista rotundifolia* (Pers.) Greene. Tratamientos de sombra: 0%, 30%, 50%, 70%. Las observaciones a los 20, 25, 30, 35, 45, 55 y 65 días de la siembra (fecha 1 a 7).

Respecto a los tratamientos de fertilización e inoculación, no hubo diferencias significativas entre ellos durante los primeros 30 días desde la siembra (Fechas 1 a 3, Figura 4). Entre los días 35 y 45 (Fechas 4 y 5), la altura fue significativamente mayor con el agregado de fertilizante ($p \leq 0,01$) con y sin inoculación. Sin embargo, luego de los 55 días se detectaron diferencias significativas entre tratamientos de inoculación, siendo de mayor altura las plantas no inoculadas, tanto fertilizadas como sin fertilizar.

El efecto negativo del inoculante pudo deberse a interacciones negativas con los organismos presentes en el suelo que produjo menor crecimiento en el tratamiento inoculado, efecto observado en otras leguminosas forrajeras inoculadas con *Rhizobium* como *Centrocema brasilianum* (Aguirre, 2003).

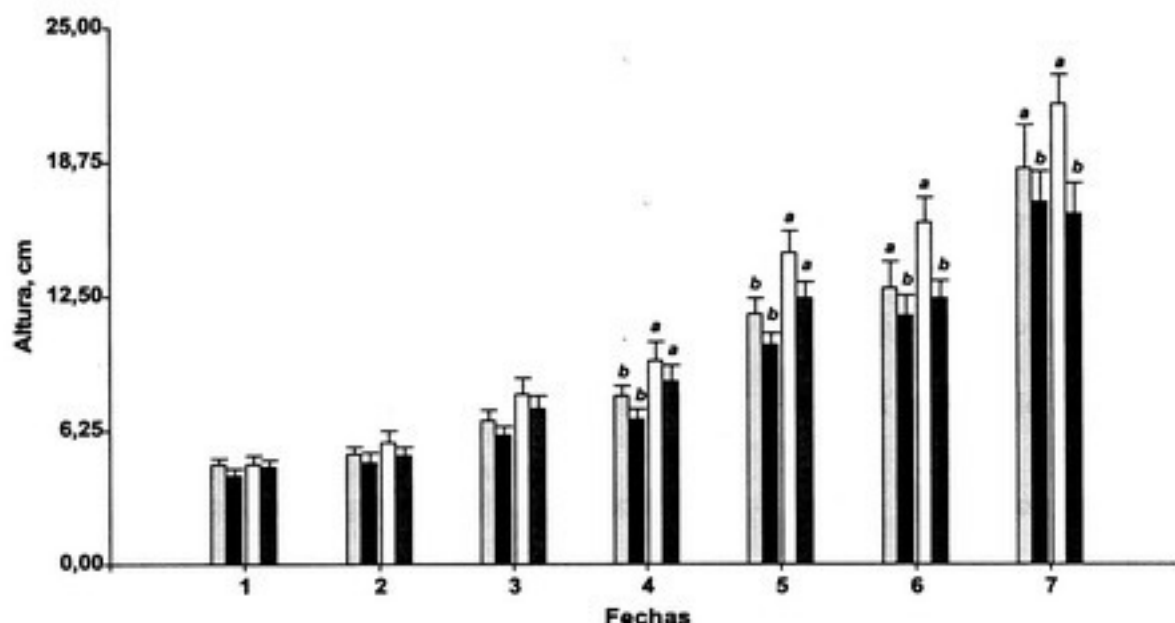


Figura 4. Efecto de la fertilización fosfórica e inoculación sobre la altura (cm) de *Chamaecrista rotundifolia* (Pers.) Greene. Tratamientos de implantación: □ testigo (sin inocular y fertilizar), □ fertilizado (115kg P₂O₅ ha⁻¹), ■ inoculado con *Rizobium* sp., ■ fertilizado e inoculado (115kg P₂O₅ ha⁻¹ y *Rizobium* sp). Las observaciones a los 20, 25, 30, 35, 45, 55 y 65 días de la siembra (fecha 1 a 7).

El efecto significativo del fertilizante podría deberse en parte al relajamiento de la competencia intra-específica y al mayor aprovechamiento de los recursos disponibles (Rolhauser *et al.*, 2005) de las plantas remanentes luego de la cosecha de biomasa lo que compensaría el efecto de la sombra en la morfogénesis (Wong y Wilson, 1980, Samarakoon, *et al.*, 1990; Stür, 1990). A partir de los 55 días vuelve a observarse el efecto negativo del inoculante, dando como resultado menores alturas de plantas en todos los tratamientos de inoculación, tanto fertilizados como sin fertilizar.

b. Longitud de entrenudos

La sombra tuvo un efecto positivo en la longitud de entrenudos, la cual fue significativamente superior ($p \leq 0,01$) en los tratamientos de 30, 50 y 70% de sombra durante todo el periodo de evaluación (Figura 5).

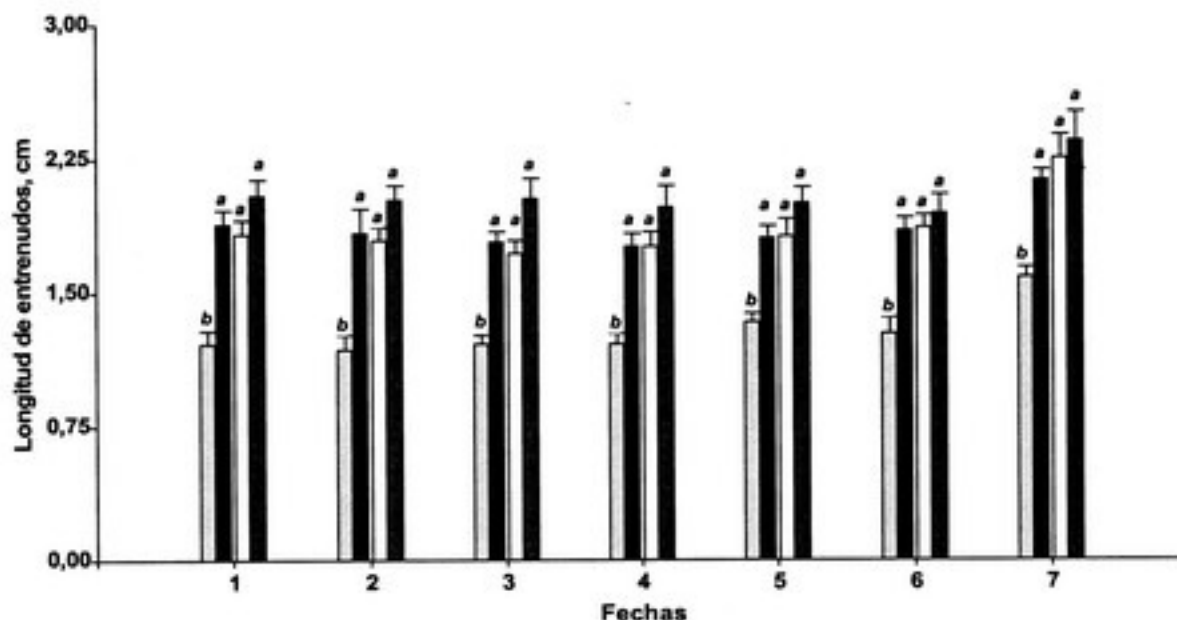


Figura 5. Efecto de distintos niveles de sombra sobre la longitud de entrenudos (cm) de *Chamaecrista rotundifolia* (Pers.) Greene. Tratamientos de sombra: ■ 0%, ■ 30%, □ 50%, ■ 70%. Las observaciones a los 20, 25, 30, 35, 45, 55 y 65 días de la siembra (fecha 1 a 7).

Este comportamiento es descripto por Reynolds (1995), citado por Pezo e Ibrabim (1999) en plantas herbáceas las cuales presentan elongación de entrenudos y tallos a bajas intensidades de luz, esta respuesta es más débil si solo se cambia la cantidad de luz y no la calidad (Wong y Wilson, 1980; Stür, 1990).

c. Relación hoja/tallo

La relación Hoja/Tallo fue significativamente mayor ($p \leq 0,01$) con 0% de sombra. A pesar de no encontrarse diferencias significativas entre los niveles de 30, 50 y 70% de sombra, la tendencia fue la disminución de la proporción de hojas a medida que aumenta el nivel de sombreamiento (Figura 6).

Estos resultados son opuestos a los obtenidos por Zelada Sánchez (1996), quien en *Panicum maximum* y *Braquiaria brizantha* encontró aumentos de la relación Hoja/Tallo a medida que el nivel de sombreamiento aumentaba hasta 50% y disminución rápida con niveles de sombra mayores a 50%.

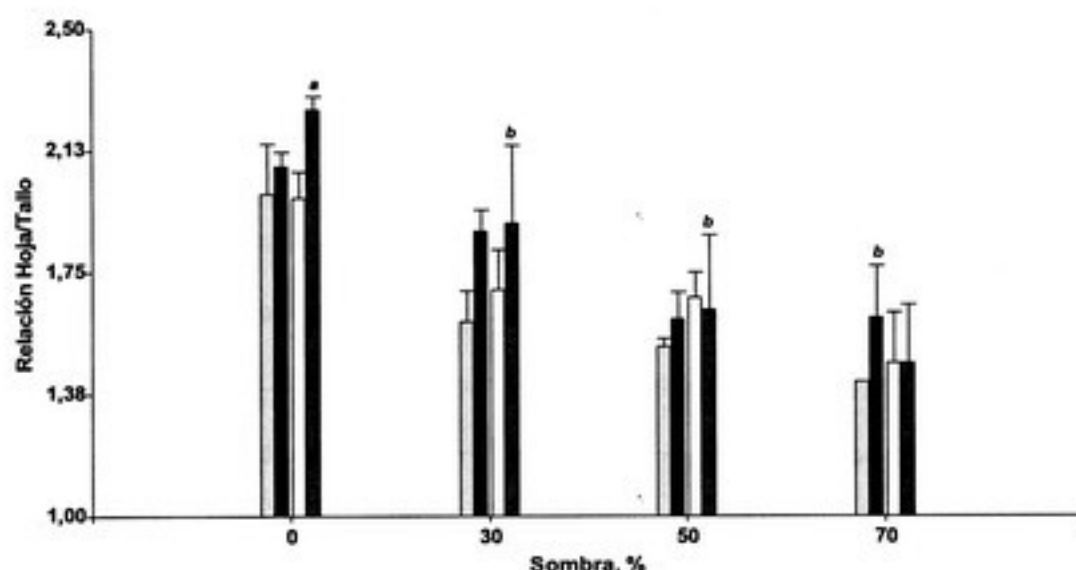


Figura 6. Efecto de distintos niveles de sombra (0, 30, 50 y 70%) sobre la relación Hoja/Tallo de *Chamaecrista rotundifolia* (Pers.) Greene a los 50 días de la siembra. Tratamientos de implantación: □ testigo (sin inocular y fertilizar), □ fertilizado (115kg P₂O₅ ha⁻¹), ■ inoculado con *Rizobium* sp., ■ fertilizado e inoculado (115kg P₂O₅ ha⁻¹ y *Rizobium* sp.). Letras diferentes indican diferencias significativas (p<0,01).

Sin embargo especies adaptadas al sombreamiento como *Axonopus compressus* y *Arachis pinto* presentaron una relación H/T significativamente mayor con la disminución de la radiación. En otros experimentos esta relación no se modificó con la sombra (Wong, 1990).

3. Biomasa

a. Biomasa a los 50 días

La radiación, fertilización e inoculación influyeron en la producción de biomasa. Se observó una interacción entre los niveles de sombra y los tratamientos de inoculación y fertilización (p<0,01) (Figura 7).

La producción de biomasa aérea fue significativamente superior (p<0,01) con fertilización fosfórica y 0% de sombra y con fertilización fosfórica e inoculación en niveles de 30% de sombra. En otras especies forrajeras tropicales se encontraron mayores producciones de biomasa aérea con 0% de sombra (Eriksen y Whitney 1981, citado por Zelada Sánchez, 1996).

El tratamiento de inoculación tuvo las menores producciones de biomasa en todos los niveles de sombra, lo que puede deberse a que en suelos con niveles bajos o moderados de nitrógeno, la baja intensidad de luz reduce el crecimiento de las leguminosas, debido a que se suprime la fijación de nitrógeno, sucediendo lo contrario en las gramíneas, donde estimula la captación de nitrógeno y el crecimiento (Wong y Wilson, 1980).

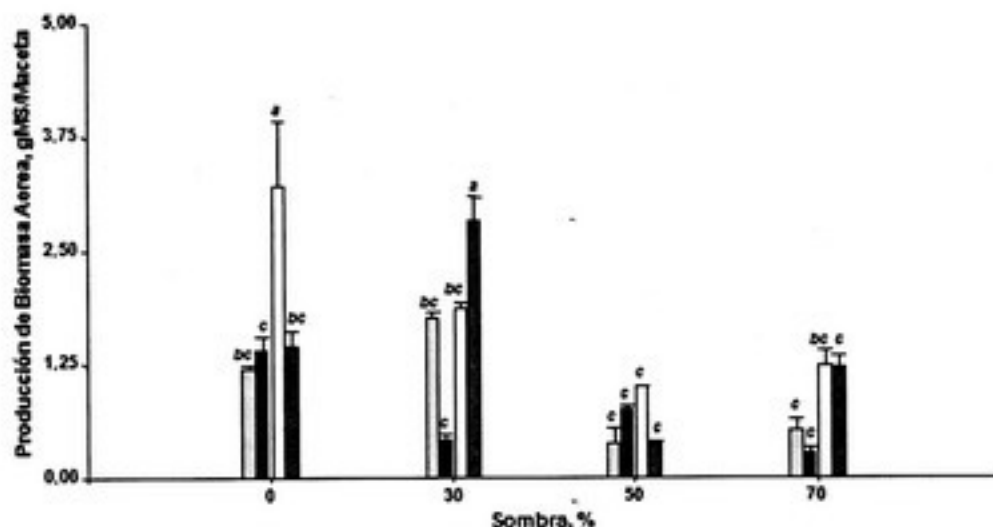


Figura 7. Efecto de distintos niveles de sombra sobre la producción de biomasa aérea (gMS/Maceta) de *Chamaecrista rotundifolia* (Pers.) Greene a los 50 días de la siembra. Tratamientos de implantación: ■ testigo (sin inocular y fertilizar), □ fertilizado (115kg P₂O₅ ha⁻¹), ■ inoculado con *Rizobium* sp., ■ fertilizado e inoculado (115kg P₂O₅ ha⁻¹ y *Rizobium* sp.). Letras diferentes indican diferencias significativas ($p \leq 0,01$).

b. Biomasa a los 90 días

La producción de biomasa aérea con fertilización fosfórica y 50% de sombra fue significativamente superior ($p \leq 0,01$) a los demás tratamientos (Figura 8). Se observó la misma interacción entre niveles sombra y tratamientos de fertilización.

El efecto positivo de la fertilización fosfórica se observa en otras especies leguminosas, Arévalo *et al.* (2003) en un ensayo de *Centrocema macrocarpum* con fertilización fosfórica (20kg P ha⁻¹) dentro de una plantación de Pijuayo (*Bactris gasipaes* H.B.K), Ciotti *et al.* (2003) y Brito *et al.* (2003) en *Stylosanthes guianensis* con fósforo (25kg P₂O₅ ha⁻¹), obtuvieron respuestas positivas en el rendimiento de MS con el agregado de fósforo.

La falta de efecto significativo del inoculante puede deberse a interacciones negativas con los organismos presentes en el suelo, otros autores obtuvieron resultados similares en un ensayo con *Centrocema brasilianum* CIAT 5234, donde el tratamiento inoculado con cepas de *Rhizobium* no se diferenció significativamente en la producción de biomasa aérea con respecto al testigo (Aguirre, 2003).

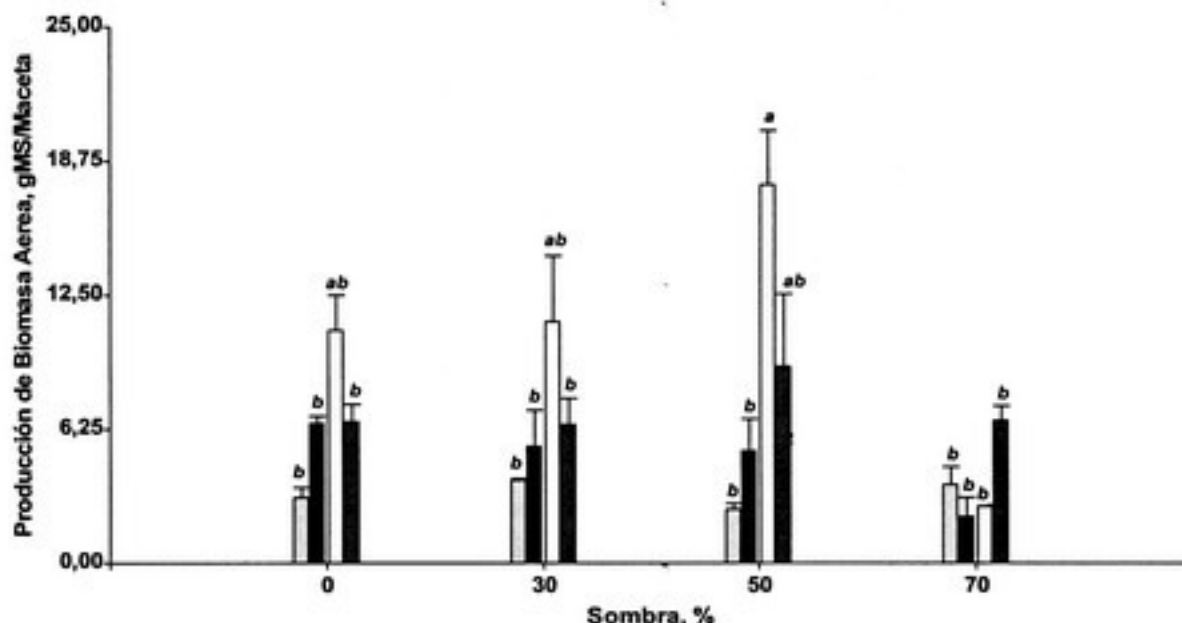


Figura 8. Efecto de distintos niveles de sombra sobre la producción de biomasa aérea (gMS/Maceta) de *Chamaecrista rotundifolia* (Pers.) Greene a los 90 días de la siembra. Tratamientos de implantación: □ testigo (sin inocular y fertilizar), □ fertilizado (115 kg P₂O₅ ha⁻¹), ■ inoculado con *Rizobium* sp., ■ fertilizado e inoculado (115 kg P₂O₅ ha⁻¹ y *Rizobium* sp.). Letras diferentes indican diferencias significativas (p ≤ 0,01).

En la Figura 8 se puede observar el incremento de la producción de biomasa aérea a medida que se incrementa la sombra hasta una máximo del 50% de sombra, al seguir aumentando el porcentaje de sombra (70%) la producción cae abruptamente. El efecto del sombreamiento es similar a lo observado en otras especies leguminosas (Fisher y Cruz, 1994; Ferreira et al., 2008). También existen casos en los cuales la producción se mantiene con el aumento de la sombra, por ejemplo, Zelada Sánchez (1996) en *Arachis pinto* observó que la producción de MS se mantuvo al aumentar hasta 50% la sombra respecto a pleno sol.

c. Biomasa radical a los 90 días

La biomasa radical a los 90 días de la siembra, no presentó diferencias significativas entre niveles de sombra, fertilización e inoculación. Esto no coincide con la mayoría de los trabajos sobre productividad de raíces, en los cuales esta disminuye al aumentar el sombreado en leguminosas (Zelada Sánchez, 1996; Addison, 2003) y en gramíneas (Wong, 1985; Wong y Stür, 1993; Dias-Philo, 2000). La relación biomasa aérea/radical fue significativamente superior (p ≤ 0,01) en los tratamientos con fertilización fosfórica y 50% de sombra (Figura 9). Al no haber respuesta significativa a la sombra, fertilización e inoculación en la producción de biomasa radical, estas diferencias significativas en la relación biomasa aérea/radical reflejan las encontradas en la biomasa aérea.

A pesar de no ser significativas al 1%, se notaron diferencias en el efecto positivo de la fertilización fosfórica en la producción de biomasa tanto aérea como radical en los niveles de sombra de 0 a 50%. Este efecto no se observó con niveles de 70% de sombra.

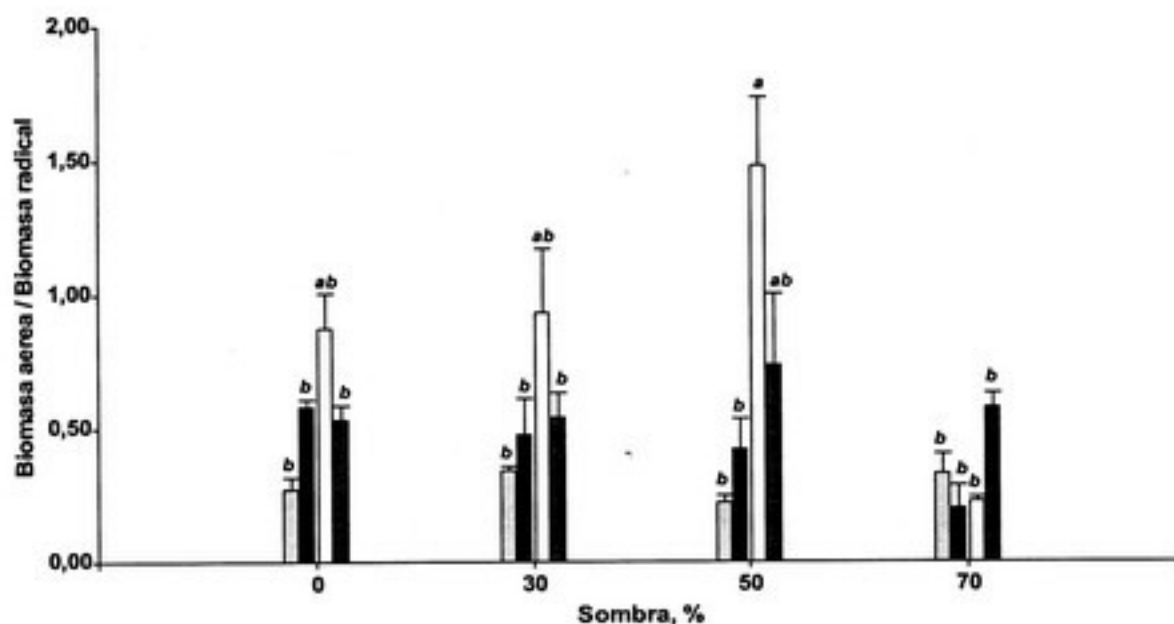


Figura 9. Efecto de distintos niveles de sombra sobre la Relación de Biomasa aérea/Biomasa radical de *Chamaecrista rotundifolia* (Pers.) Greene a los 90 días de la siembra. Tratamientos de implantación: □ testigo (sin inocular y fertilizar), □ fertilizado (115 kg P₂O₅ ha⁻¹), ■ inoculado con *Rizobium* sp., ■ fertilizado e inoculado (115 kg P₂O₅ ha⁻¹ y *Rizobium* sp). Letras diferentes indican diferencias significativas (ps0,01).

CONCLUSIONES

La inoculación no tuvo un efecto positivo en la nodulación de *Chamaecrista rotundifolia*, por lo que el establecimiento de las plantas inoculadas medido como evolución de la germinación-emergencia no fue mayor que el de las plantas no inoculadas.

La fertilización con fósforo aumentó significativamente la producción de biomasa aérea.

La emergencia y el establecimiento respondieron positivamente al incremento de los niveles de sombra. Este efecto positivo se observó a partir de los 20 días de la siembra con 0 y 30% de sombra. La sombra produjo además cambios morfológicos significativos: aumento de la altura, elongación de entrenudos y disminución en la relación H/T.

En la germinación-emergencia y morfología de *Chamaecrista rotundifolia* no se detectaron interacciones entre los factores sombra, fertilización e inoculación.

En la producción de biomasa aérea a los 90 días, se detectó interacción significativa entre el tratamiento con 50% de sombra y el de fertilización.

La especie en estudio se adaptó a las condiciones de sombra, ya que la producción de biomasa se mantuvo hasta niveles de 50% de sombra, siendo este comportamiento promisorio para su utilización como forrajera en sistemas silvopastoriles.

BIBLIOGRAFÍA

- Addison, H. 2003. Shade tolerance of tropical forage legumes for use in agroforestry systems. Thesis for the degree of Doctor of Philosophy in Tropical Plant Sciences School of Tropical Biology, James Cook University, Australia.
- Aguirre, M., Valdés, M., Silvestre-Bradley, R. 2003. Simbiosis entre rizobios y cuatro leguminosas tropicales adaptadas en Chiapas, México. *Pasturas Tropicales* 10 (3): 4.
- Andrade, S., Valentim, J., Carneiro, J., Vaz, F. 2004. Crescimento de gramíneas e leguminosas forrageiras tropicais sob sobremento. *Pesquisa agropecuária brasileira* 39:263- 270.
- Ayala Torales, A., Colombino, A. 1992. Leguminosas forrajeras de clima templado. *Pasturas cultivadas* 2° parte. Entregas didácticas de la cátedra de forrajes, CEABA, FCA, UBA.
- Baskin, J., Baskin, C. 1985. The light requirement for germination of *Aster Pilosus* seeds: temporal aspects and ecological consequences. *Journal of Ecology* 73: 765-773.
- Belsky, A., Mwonga, S., Amundson, R., Duxbury, J., y Ali, A. 1993. Comparative effects of isolated trees on their under canopy environments in high- and low-rainfall savannas. *Journal of Applied Ecology* 30:143-155.
- Brito, M., Tomei, C., Ciotti, E., Castelan, M., Hack, C. 2003. Efecto del agregado de dosis crecientes de P sobre el establecimiento de *Stylosanthes guianensis* c.v. CIAT 184. Comunicaciones Científicas y Tecnológicas. Facultad de Ciencias Agrarias, Universidad Nacional del Nordeste, Corrientes, Argentina. Resumen A-025. Dirección web: <http://www.unne.edu.ar/cyt/2003/comunicaciones/05-Agrarias/A-025.pdf>
- Caraballo, L. 2008. Evaluación de tratamientos para estimular la germinación de dos especies leguminosas forrajeras arbóreas, algarrobo (*Hymenaea courbatil* L.) y cañafistolo llanero (*Cassia fistula*) y desarrollo en fase de vivero de algarrobo (*Hymenaea courbatil* L.). Tesis para optar al título de Ingeniero Agrónomo, Decanato de Agronomía, Universidad Centroccidental "Lisandro Alvarado", Cabudare-Venezuela.
- Carranza, C., Ledesma, M. 2009. Bases para el manejo de sistemas silvopastoriles. XIII Congreso Forestal Mundial. Buenos Aires, Argentina, 18-23 Octubre 2009.
- Carvalho, M., Franco, A., Freitas, V y Xavier, D. 1994. Avaliação do crescimento inicial de leguminosas arbóreas para associação com pastagens na Região Sudeste. In: Anais 69 Congresso Brasileiro Sobre Sistemas Agroflorestais: EMBRAPA-CNPQ, Porto Velho, Brasil. Pág. 165-72.
- Castelan, M., Traut, C. 2006. Efecto de la sombra en la producción de materia seca de *Arachis pintoi*. Comunicaciones Científicas y Tecnológicas. Facultad de Ciencias Agrarias, Universidad Nacional del Nordeste, Corrientes, Argentina. Resúmenes en CD.

- Ciotti, E., Castelán, M., Tomei, C., Mónaco, I., Benítez, J., 2003. Respuesta de *Stylosanthes guianensis* CIAT 184 a la fertilización con una baja dosis de fósforo. RIA 32 (2): 137-148.
- Cuadrado, B., Rubio, G., Santos, W. 2009. Caracterización de cepas de *Rhizobium* y *Bradyrhizobium* (con habilidad de nodulación) seleccionados de los cultivos de frijol caupi (*Vigna unguiculata*) como potenciales bioinóculos. Rev. Colomb. Cienc. Quím. Farm. 38(1): 78-104.
- Dias-Filho, M. 2000. Growth and biomass allocation of the C4 grasses *Brachiaria brizantha* and *B. humidicola* under shade. Pesquisa Agropecuária Brasileira 35(12): 2335-2341.
- Farber, M., Raizboim, I. 2007. El territorio Argentino. Dirección web: <http://www.surdelsur.com/economia/ecogan.html>
- Fassola, H., Lacorte, S., Pachas, A., Puzzuti, R. 2005. Factores que influyen la producción de biomasa forrajera de *Axonopus jesuiticus* Valls, bajo dosel arbóreo de *Pinus taeda* L. en el Nordeste de Corrientes. RIA 34 (3): 21-38.
- Fassola H., Lacorte S., Pachas A., Goldfarb C., Esquivel J., Colcombet L., Crechi E., Keller A., Barth S. 2009. Los sistemas silvopastoriles en la región subtropical del NE argentino. XIII Congreso Forestal Mundial. Buenos Aires, Argentina, 18-23 Octubre 2009.
- Fernández, J., Benítez, C., Pizzio, R., Royo Pálles, O. 1988. Leguminosas Nativas del este de la Provincia de Corrientes. INTA EEA Mercedes Serie técnica N°26: 14-16.
- Ferreira, D., Dias, P., Souto, S. 2008. Comportamento na sombra de acesos de amendoim forrageiro (*Arachis spp.*), recomendados para região da Baixada Fluminense. Asociación Latinoamericana de Producción Animal. 16(2):41-47.
- Fisher, M., Cruz, P. 1994). Some ecophysiological aspect of *Arachis pintoi*. In: Kerridge, P.C. (Ed.) Biology and agronomy of forage. Cali: CIAT, 1995. P 56-75.
- Funes, G., Díaz, S., Venier, P. 2009. La temperatura como principal determinante de la germinación en especies del Chaco seco de Argentina. Ecología Austral 19:129-138.
- García, R. y Couto, L. 1991. Sistemas silvopastoris. Experiência no Estado de Minas Gerais. In: Anais II Congresso Brasileiro de Economia e Planejamento Florestal. Curitiba, PR. Pág. 201-210.
- Graham, P. 1981. Some problems of nodulation and symbiotic nitrogen fixation in *Phaseolus vulgaris* L: a review. Field Crops Research 4: 93-112.
- Gunther, D., Correa, M., Lysiak, E., 2008. Zonas Agroeconómicas Homogéneas y Sistemas de Producción predominantes de la Provincia de Misiones. INTA EEA Cerro Azul, Boletín técnico N° 9, 87 pág.
- Halliday, J. 1978. Respuestas en el campo de leguminosas forrajeras tropicales a la inoculación con *Rhizobium*. Seminario "Producción de pastos en los suelos ácidos de los trópicos". 17 al 21 de Abril, 1978. CIAT, Cali, Colombia.
- Hourié, J., Rossner, M., Colcombet, L. 2009. Implementación de sistemas silvopastoriles en establecimientos de pequeños productores de Misiones, Argentina. Actas del 1er Congreso Nacional de Sistemas Silvopastoriles. P. Peri (ed) Ediciones INTA. Pág. 380-385.

- Jones, R., Bunch, G. and MC Donald, C. 1998. Ecological and agronomic studies on *Chamaecrista rotundifolia* cv. Wynn related to modelling of persistence. *Tropical Grasslands* 32: 153–165.
- Jones, R., Bunch, G. 2003. Experiences with farm pastures at the former CSIRO Samford Research Station, south-east Queensland, and how these relate to results from 40 years of research. *Tropical Grasslands* 37: 151–164.
- Kyereh, B., Swaine, M., Thompson, J. 1999. Effect of Light on the germination of forest trees in Ghana. Published by: British Ecological Society. *Journal of Ecology*, 87 (5): 772–783.
- Lacorte, S., Esquivel, J. 2009. Sistemas silvopastoriles en la Mesopotamia Argentina. Reseña del conocimiento, desarrollo y grado de adopción. Actas del 1^{er} Congreso Nacional de Sistemas Silvopastoriles. P. Peri (ed) Ediciones INTA. Pág 70-82.
- Lacorte, S., Hennig, A., Domecq, C. Pachas, N., Fassola, H., Keller, A. 2006. Intersiembra de leguminosas forrajeras cultivadas en pastizales bajo dosel arbóreo de *Pinus elliottii* var *elliottii* x *Pinus caribaea* var. *hondurensis* en el sur de Misiones, Argentina. 12^{as} Jornadas Técnicas Forestales y Ambientales - FCF, UNaM – INTA EEA Montecarlo.
- Lacorte, S., Fassola, H., Pachas, N., Colcombet, L. 2004. Efecto de diferentes grados de sombreado, con y sin fertilización fosfórica, sobre la producción de un pastizal modificado con predominio de *Axonopus compressus* (Swartz) Beauv en el sur de Misiones, Argentina. 11^{as} Jornadas Técnicas Forestales y Ambientales – FCF, UNaM – INTA EEA Montecarlo. Disponible en CD.
- Larbi, A., Adekunle, I., Awojide, A. y Akinlade, J. 1999. Identifying *Chamaecrista rotundifolia* accessions and *Centrosema* species for bridging seasonal feed gaps in smallholder mixed farms in the West African derived savanna. *Tropical Grasslands* 33: 91–97.
- Ligier, H. Matteio, H. Polo, H. y Rosso, J. 1990. Atlas de suelos de la República Argentina. Tomo 2. Centro de Investigaciones de Recursos Naturales. INTA Castelar. Pág. 111-154.
- Ludlow, M., Wilson, G. 1970. Studies on productivity of tropical pasture plants; 2: Growth analysis, photosynthesis and respiration of 20 species of grasses and legumes in a controlled environment. *Aust. J. Agric. Res.* 21:183-194.
- Mahecha, L. 2002. El silvopastoreo: una alternativa de producción que disminuye el impacto ambiental de la ganadería bovina. *Revista Colombiana de Ciencias Pecuarias*, 15: 226–231. Dirección web: <http://www.corpoica.org.co>
- Mora, F. 1995. Selección de cepas nativas de *Rhizobium leguminosarum* bv *phaseoli* eficientes en la fijación biológica de Nitrógeno en suelos de Costa Rica. *Agronomía mesoamericana* 6: 68-74.
- Mora, V. 2006. Pastoreo bajo plantaciones. Fondo Nacional de Financiamiento Forestal, FONAFIFO. Dirección web <http://www.produccion-animal.com.ar/produccionymanejopasturas/manejo%20silvo%20pastoril/40-pastoreobajopantaciones.pdf>
- Morales, M. 1987. Selección y evaluación de cepas de *Rhizobium leguminosarum* biovar *phaseoli* tolerantes al suministro restringido de fósforo. Tesis para optar al título de Master of Science, UCR/CATIE, Turrialba, Costa Rica. 97 Pág.

- Pérego, J. 1996. Guía de pasturas tropicales-subtropicales cultivadas para la provincia de Misiones, República Argentina. INTA EEA Cerro Azul Miscelánea N°31: 2-10.
- Peri, P., McNeil, D., Moot, D., Varella, A., Lucas, R. 2001. Net photosynthetic rate of cocksfoot leaves under continuous and fluctuating shade conditions in the field. Blackwell Science Ltd, Grass and Forage Science, 57: 157-170.
- Peruchena, C. 1997. Dietas para la nutrición de bovinos en crecimiento y engorde en la región subtropical. INTA EEA Corrientes. Serie técnica N° 13, 20 Pág.
- Pezo, D., Muhamad I. 1999. Sistemas silvopastoriles. Colección modelo de enseñanza agroforestal, 2ª edición, CATIE, Turrialba, Costa Rica.
- Pueyo, J., Chaparro, C. 2006. Forrajeras cultivadas para ambientes subtropicales. Características generales y de manejo. INTA EEA El Colorado. Informe técnico. Serie: Producción Ganadera. 13 Pág.
- Ribaski, J., Montoya, L. 2000. Sistemas silvopastoriles desarrollados en la región sur de Brasil: La Experiencia de Embrapa Florestas. Depósito de documentos de la FAO. Dirección web: <http://www.fao.org/WAIRDOCS/LEAD/X6340S/X6340S02.html>
- Rolhauser, A., Cepeda, S., Maseda, P., Rotundo, J., Srur, A., Fernández, R. 2005. Efectos de la frecuencia de corte y la fertilización nitrogenada sobre la estructura de una población implantada de *Festuca arundinacea* Schreb. Ecol. Austral [revista en la Internet]. 2007 Jun 05; 17(1): 89-98. Disponible en: http://www.scielo.org.ar/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1667-782X2007000100008&lng=es.
- Rossanigo, C., Arano, A., Rodríguez Vázquez, G. 2009. Stock 2009 del ganado bovino de carne. Mapas de Existencias e indicadores ganaderos. Ediciones INTA. Información técnica N° 174: 10-11.
- Rossner, M., Houriet, J., Pavetti, D. 2008. Descripción de pasturas evaluadas en sistemas silvopastoriles del centro sur de la Provincia de Misiones. INTA EEA Cerro Azul, Miscelánea N°60, 17 pág.
- Samarakoon, S., Wilson, J., Shelton, H. 1990. Growth, morphology and nutritive quality of shaded *Stenotaphrum secundatum*, *Axonopus compressus* and *Pennisetum clandestinum*. Journal of Agricultural Science 114: 161-169.
- Sampedro, D., Vogel, O., Celser, R., 2004. Suplementación de vacunos en pastizales naturales. INTA EEA Mercedes, Serie técnica N° 34, 25 pág.
- Sophanodora, P. 1990. Light response curve: criteria for species selection under plantation crops. 3rd Proc. Forage RWG of S.E.A. Dirección web: <http://dc.oas.psu.ac.th/dcms/files/03919/ch6.pdf>
- Stür, W. 1990. Screening Forage Species for Shade Tolerance- A Preliminary Report. In: H. Shelton, W. Stür (Eds) Forages for Plantation CROPS. ACIAR Proceedings 32: 58-63.
- Tropical Forages. 2010. An alternative selection tool. Dirección web (Agosto 2010): <http://www.tropicalforages.info/>

- Wilson, J. and Wong, C. 1982. Effects of shade on some factors influencing nutritive quality of Green panic and Siratro pastures. *Australian Journal of Agricultural Science*, 33: 937-949.
- Wilson, J. and Ludlow, M. 1991. The environment and potential grow of herbage under plantations. In: H. Shelton and W. Stür (Eds). *Forages for Plantation Crops*. ACIAR Proceedings 32: 10-24.
- Wong, C. y Wilson, J. 1980. The effect of shade on the growth and nitrogen content of green panic and siratro in pure and mixed swards defoliated at two frequencies. *Australian Journal of Agricultural Research*, Melbourne 31: 269-285.
- Wong, C., Rahim, H., Mohd Sharudin, M. 1985. Shade tolerance potential of tropical forage for integration with plantations. 1. Grasses. *MARDI Research Bulletin*, 13: 249-269.
- Wong, C. 1990. Shade Tolerance of Tropical Forages: A Review. In: H. Shelton and W. Stür (Eds). *Forages for Plantation Crops*. ACIAR Proceedings 32: 65-69.
- Wong, C., Stür, W. 1993. Persistence of erect and prostrate *Paspalum* species as affected by shade and defoliation. In: *Proceedings of the XVII International Grassland Congress*. Rockhampton, Australia. Pág. 2059.
- Zelada Sánchez, E. 1996. Tolerancia a la sombra de especies forrajeras herbáceas en la zona Atlántica de la Costa Rica. Tesis de Maestría, Programa de enseñanza de Ciencias Agrícolas y de Recursos Naturales del Centro Agronómico Tecnológico de Investigación y Enseñanza (CATIE). Turrialba, Costa Rica.

ANEXOS

Cuadro A I: Análisis químico de suelo



LABORATORIO DE SUELOS - E.E.A. CERRO AZUL

INFORME QUÍMICO DE ANÁLISIS DE SUELO

Solicitante: ARNDT, Guillermo (Tesis USal Virasoro)	
Lugar:	Fecha del Muestreo:
Ubicación:	Fecha de Ingreso: 21/10/09
Ensayo:	Finalización del Análisis: 30/10/09

Identificación de campo	M1				
Profundidad de muestreo (cm)	20				
Próximo cultivo					
Número de laboratorio	9268				
Materia Orgánica Fac.Oxi. (%)	1.65				
Carbono Fac. Oxi. (%)	0.96				
Nitrógeno Total (%)	0.21				
Relación C/N	6.07				
Fósforo Extrac P205 (ppm)	5.16				
Potasio interc. K (meq/100g)	0.19				
Calcio interc. Ca (meq/100g)	8.64				
Magnesio interc. Mg (meq/100g)	3.05				
Sodio interc. Na (meq/100g)	0.22				
Suma de Bases _s (meq/100g)	12.09				
Acidez interc. (meq/100g)	7.68				
CIC Total (meq/100g)	19.76				
Saturación de Bases V (%)	61.15				
pH Agua (1:2.5)	5.66				
pH ClK (1:2.5)	4.71				
Aluminio interc. Al (meq/100g)	nd				



Valores límites					
MO= 2.5 %	N= 0.18%	Ca= 4.00 meq/100g	pH= 5.6	K= 0.18 meq/100g	
P205= 10 ppm	Suma Bases= 6.00 meq/100g	Sat. Bases= 50.00 %			
Técnicas empleadas					
Gravimetría: pérdida de agua; Black Nitrogen Total; semimicro Kjeldahl; Nitrato extratable (Br ₂ /HCl); Cationes de intercambio: extracción con Acetato de Amonio 1N a pH 7.5; Aniones intercambiables con Acetato de Calcio 1.0N a pH 7.5; No ha detectado					
Unidades equivalentes			Transformaciones		
Ppm = mg kg ⁻¹	Meq/100g = cmol(+) kg ⁻¹	% = dg kg ⁻¹	K2O = 1.205 P ₂ O ₅	P = 2.2995 P205	
Los análisis se realizaron sobre muestras extraídas por el solicitante					
Cerro Azul (Misiones), Argentina		29/10/09			
Localidad: H-1		Fecha del informe		Firma responsable del laboratorio	

Figura A I: Estructuras de malla mediasombra 90% para simular la sombra en los tratamientos de niveles de RFA



Figura A II: Disposición de las macetas bajo las estructuras de sombra



Figura A III: Sistema de riego por goteo

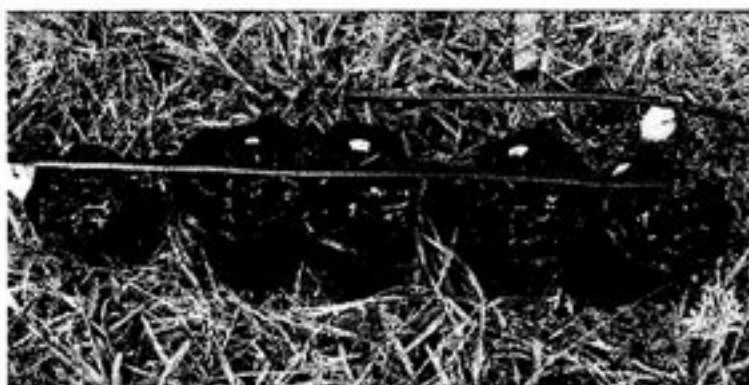


Figura A IV: Etapa de germinación-emergencia temprana de plántulas, enero 2010.



Figura V: Establecimiento de plántulas, enero 2010.

